

INTERACTIVE CIRCUIT ANALYSIS AS A TEACHING REQUISITE

INTERAKTIVNÍ ANALÝZA OBVODŮ PRO POTŘEBY VÝUKY

Viera Biolková ¹⁾, Dalibor Biolek ²⁾

¹⁾FEEC VUT Brno, ÚREL, Purkyňova 118, 612 00 Brno, biolkova@feec.vutbr.cz

²⁾FVT UO Brno, K217, Kounicova 65, 612 00 Brno, dalibor.biolek@unob.cz

Abstract:

Today's claims to object teaching affect also our notion of what specifications should be imposed on the simulating programs from the didactic point of view. The so-called interactive circuit analysis is defined here as one of the possible tools of the object teaching of electrical circuits. Its implementation in Micro-Cap program is described.

1. Úvod

K nejrozšířenějším programům pro simulaci obvodů jsou na elektrotechnických fakultách programy z rodiny „SPICE“, zejména OrCad PSpice [1], HSpice [2] a WinSpice [3]. Jedná se o programy pro profesionální simulace, ovšem z hlediska pedagogických a didaktických požadavků, zejména pro výuku začátečníků v bakalářském stupni, je jejich užitná hodnota velmi nízká.

Své specifické postavení zde má například program Multisim [4], neboť umožňuje pracovat s modelem obvodu stylem, který se blíží práci studenta v elektrotechnické laboratoři. Položíme-li si otázku, které atributy simulačního programu by měly pro studenta mít nejvyšší hodnotu z hlediska pochopení funkce obvodu, který je simulován, pak je to právě schopnost programu živě reagovat na změny parametrů simulovaného obvodu obdobným způsobem, jako reaguje skutečný obvod v laboratoři na zásahy studenta. Metoda, kdy student sám mění parametry obvodu, což si lze symbolicky představit otáčením ovládacího prvku potenciometru, a pomocí přístrojů bezprostředně sleduje reakce na tyto změny, je v pedagogické praxi považována za jednu z neúčinnějších metod, jak do hloubky pochopit princip fungování daného zařízení.

Bohužel výše vyjmenované simulační programy včetně MultiSimu neumožňují takového experimenty na softwarové úrovni, neboť nemají implementovány prvky tzv. interaktivní analýzy. Interaktivní analýzu definujme jako klasickou SPICE analýzu (*Transient*, *AC* nebo *DC*), doplněnou o možnost pohodlné modifikace modelu obvodu uživatelem, přičemž každá individuální změna modelu je automaticky doprovázena znovuspuštěním analýzy s pokud možno okamžitou aktualizací výsledků.

Jako vysvětlující příklad uveďme laboratorní experiment, při němž student mění odpor potenciometru v sériovém obvodu RLC, buzeného obdélníkovými impulsy, a na osciloskopu sleduje odezvy obvodu. Během několika sekund je možné nastavit obvod do režimu kritického tlumení, kdy „právě“ zmizí záškuby v přechodném ději. Zopakování tohoto experimentu v prostředí klasických simulačních programů v podobně názorné formě je nemožné. Odpor potenciometru můžeme „automatizovaně“ měnit pouze klasickými prostředky SPICE simulací, tj. metodou krokování („stepping“) s následným vykreslením

sady tomu odpovídajících křivek na obrazovku. Takovýto způsob ovšem nemá mnoho společného s výše definovanou interaktivní analýzou.

Interaktivní analýza může být implementována s úspěchem pouze do simulačního programu, jehož výpočetní algoritmy jsou dostatečně rychlé. Požadavky na rychlost jsou extrémní zejména pro interaktivní analýzu *Transient*, protože tato analýza je ze základních SPICE analýz časově nejnáročnější. Zřejmě nejrychlejším SPICE-kompatibilním programem je Micro-Cap [5]. Ve verzi 8 tohoto programu již byly implementovány interaktivní analýzy *DC* a *AC*. Ve spolupráci s producentem programu, firmou Spectrum-Software, se nám podařilo implementovat do zatím poslední verze 9 další vylepšení, tzv. módy dynamické analýzy. V článku souhrnně popíšeme možnosti interaktivní analýzy v Micro-Capu v. 9 s poukázáním na možnosti využití ve výuce.

2. Možnosti interaktivní analýzy pomocí programu Micro-Cap

V současné verzi 9 programu Micro-Cap jsou implementovány následující techniky interaktivní analýzy, které mohou mít zásadní význam pro názornou výuku elektrických obvodů:

Dynamické analýzy DC a AC (*Dynamic DC, Dynamic AC*).

Z hlediska uživatele se analýzy odehrávají přímo v prostředí schématického editoru. Výsledky se zobrazují ve formě napětí, proudů, výkonů, stavů polovodičových prvků a dalších vybraných veličin přímo ve schématu. Jakákoliv modifikace obvodu se bezprostředně promítá do zobrazovaných výsledků. V analýze *DC* se zobrazují stejnosměrné obvodové veličiny, v analýze *AC* pak údaje o harmonickém ustáleném stavu na zadané frekvenci v komplexním tvaru (modul, fáze nebo reálná a imaginární složka).

K zobrazování obvodových proměnných a různých parametrů obvodu slouží řada dalších nástrojů, např. tzv. „*formula text*“ [6].

Mód dynamické analýzy (*Dynamic Analysis Mode*).

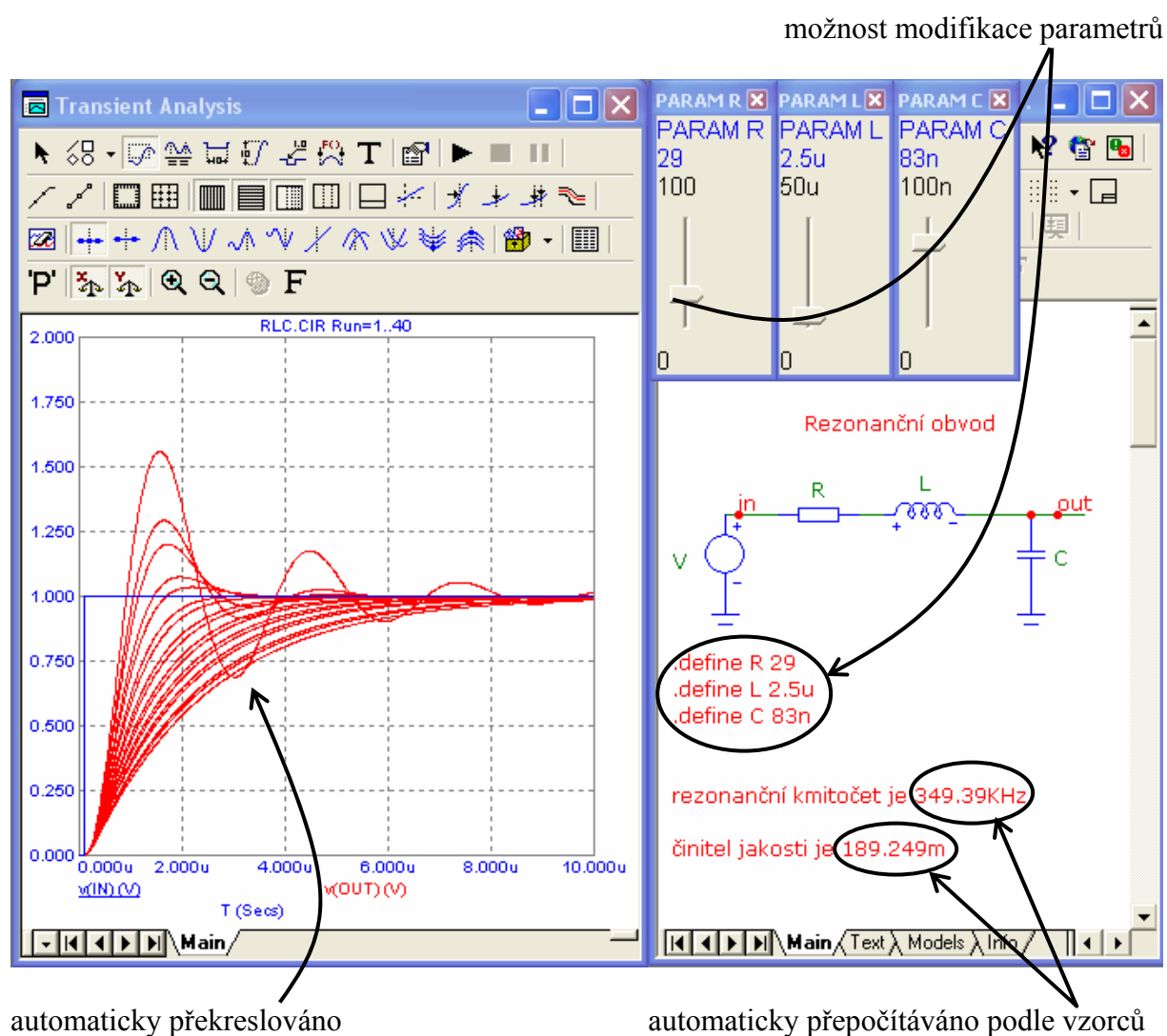
Jde o mód, v němž lze pracovat v rámci základních analýz *Transient*, *AC*, *DC*. Každá modifikace analyzovaného obvodu má za následek překreslení dané charakteristiky obvodu (časového průběhu v analýze *Transient*, kmitočtové charakteristiky v analýze *AC* a stejnosměrné charakteristiky v analýze *DC*). Křivky mohou být buď akumulovány nebo nahrazovány podle volby uživatele.

Ze zajímavých prostředků, které mohou učinit interaktivní analýzu ještě názornější, vyjmenujme tyto: Využívání tzv. animačního módu a součástek z knihovny „*Animated*“ (analogové nebo digitální voltmetry, jejichž údaj je animován podle velikosti měřené veličiny, diody LED, spínače, přepínatelné klikáním myši, motor s animovanou rotací hřídele apod.). Uzavírání vybraných částí obvodu do „*Circuitry regions*“ a aktivace/deaktivace těchto částí před nebo v průběhu analýzy, buď ručně, nebo na základě pravidel, naprogramovaných vzorců. Programování „*Warnings*“, kdy se na ploše editoru objeví určitý text, doprovázející vznik určité události, například text „kolektorová ztráta tranzistoru T1 přesáhla povolenou hodnotu 800mW“.

3. Ukázka interaktivní analýzy

Na obr. 1 je ukázka analýzy *Transient* sériového obvodu RLC, zapojeného jako dolní propust 2. řádu, v dynamickém módu. Podmínkou didakticky účinné interaktivní analýzy je vhodné uspořádání jednotlivých oken programu tak, aby student měl možnost současně pozorovat jak okno s výsledky analýzy, tak i okno schématického editoru s modelem

analyzovaného obvodu. Parametry R , L a C obvodu jsou zadány nepřímo pomocí příkazů „define“, čímž je umožněna další manipulace s těmito symboly ve vzorcích. Vzorce pro rezonanční kmitočet a činitel jakosti obvodu jsou vsazeny do textů v spodní části obrázku a dynamicky jsou vyčíslovány, takže uživatel má v každém okamžiku informaci o velikosti těchto parametrů. Parametry součástek je možno měnit přímo modifikací příkazů „define“, což je však nepohodlné. Další metodou je aktivace příkazu „define“ klepnutím na tento příkaz levým tlačítkem myši a pak automatická inkrementace nebo dekrementace definované hodnoty kurzorovými klávesami $\uparrow$ a $\downarrow$. Nejúčinnější je však aktivace tzv. „sliderů“ ve formě tahových potenciometrů, viz obr. 1. V okně výsledků analýz se data aktualizují bezprostředně po modifikaci parametru. Při vykreslování obr. 1 byl zadán režim „Accumulate Plots“, kdy aktuální křivka se přidává k původním datům. Tento „paměťový efekt“ je možné vypnout.



Obr. 1. Ukázka interaktivní analýzy rezonančního obvodu v Micro-Capu.

Zopakujme, že popsaný dynamický mód je možné využívat i v dalších základních analýzách typu *AC* a *Transient*.

4. Dosavadní zkušenosti

Zkušenosti s využíváním nejnovějších technik interaktivních analýz začali autoři článku sbírat na přelomu let 2007/2008 v rámci testování beta verze programu Micro-Cap v. 9 pro firmu Spectrum Software. Následovalo praktické využívání interaktivních analýz pro výzkumnou práci, konkrétně pro účely optimalizace filtrů s nestandardními aproximacemi kmitočtových charakteristik. V letním semestru 2007/2008 bylo interaktivních technik v Micro-Capu hojně využíváno přímo na přednáškách předmětu „Analogové elektronické obvody“ v bakalářském studijním programu „Mikroelektronika a technologie“ na VUT v Brně (promítání prostředí programu Micro-Cap datovým projektorem). Studenti měli možnost dodatečné individuální analýzy demonstrovaných obvodů na svých osobních počítačích, neboť všechny řešené úlohy bylo možné analyzovat v evaluační verzi Micro-Capu 9, která je zdarma k stažení na [5]. Popsané techniky interaktivních analýz posunují z didaktického pohledu počítačovou analýzu obvodů na kvalitativně vyšší úroveň oproti dosud používaným konvenčním metodám, které jsou implementovány ve všech využívaných programech třídy SPICE. Konečný didaktický efekt však závisí pouze na pedagogovi a jeho schopnostech tohoto nástroje využít.

Poděkování

Zavádění interaktivních metod výuky elektrických obvodů na FEKT VUT v Brně bylo materiálně podpořeno Fondem rozvoje vysokých škol v rámci projektu č. 1194/2008.

Literatura

- [1] OrCad PSpice program, <http://www.cadence.com/products/orcad/index.aspx>
- [2] HSpice program, <http://www.synopsys.com/products/mixedsignal/hspice/hspice.html>
- [3] WinSpice program, <http://www.ousetech.co.uk/winspice2/>
- [4] MultiSim program, <http://www.ni.com/multisim/>
- [5] Micro-Cap program, <http://www.spectrum-soft.com>
- [6] Biolek, D. „Řešíme elektronické obvody aneb kniha o jejich analýze“. BEN, technická literatura, Praha 2004.